AN INTRODUCTION TO

METABOLIC ANALYSIS

A guide to understanding testing methods, metrics and the interpretation of findings.

Presented By:

VO2 MASTER

Úvod do metabolické analýzy

Elektronická příručka od VO2 Master Health Sensors Inc.

Obsah

Úvod ..... Strana 1

Co je to analýza VO2? ..... Strana 1

Proč tělo potřebuje kyslík? ..... Strana 4

Měření maximální spotřeby kyslíku ..... Strana 7

Jak trénovat podle hodnot získaných v metabolickém testu ..... Strana 10

Faktury výkonnosti u kolektivních sportů ..... Strana 14

Úvod

Vítejte v Úvodu do metabolické analýzy. Tato elektronická příručka vám přináší jasný a stručný přehled o teorii, terminologii a metodách metabolického testování. Dále se v ní dozvíte, proč je tato analýza důležitá, a mimo jiné také, jak pomocí interpretace a použití výsledků testování optimalizovat trénink fyzické kondice.

Co je analýza VO_2?

Pokud jste profesionální trenér, výkonnostní sportovec nebo pokud zkoumáte trénink z vědeckého pohledu, budete nejspíš hledat způsoby a hodnotit, jak běhat rychleji a dál, jak zvyšovat tréninkové dávky a jak posouvat výkonnostní limity.

Při zkoumání budete nejspíš sledovat parametry, jako je srdeční tep, spalování kalorií a maximální rychlost; avšak některé významné ukazatele fyzické kondice vám sportovní hodinky neukážou: VO_2 max a ventilační prahy (VT1 a VT2). Tyto parametry jsou užitečnými fyziologickými hodnotami v rámci metabolického testování.

Hodnoty vašeho VO_2 max a ventilačních prahů vám poskytnou důležité informace o aerobní zdatnosti (obecné pohybové vytrvalosti), například jak dlouhou dobu se zvládnete pohybovat v určité zátěži – což má například přímou souvislost s tím, za jakou dobu dokážete uběhnout jednu míli.

Co je VO_2 max?

Nejprve zmíníme o VO_2 max, a poté přejdeme k ventilačním prahům..

VO_2 max je zkratka pro maximální využití kyslíku vztahující se k **maximálnímu objemu kyslíku, který daný jedinec dokáže použít při intenzivním či maximálním fyzickém výkonu.**

Měří se v mililitrech kyslíku na kilogram tělesné hmotnosti za minutu (ml/kg/min) a jeho hodnota závisí na dvou rozhodujících faktorech:

• Kolik krve zvládne srdce předat do svalů s každým úderem (srdeční výdej).

• S jakou efektivitou jsou svaly schopné získat kyslík z krve a použít jej.

Toto měření se obecně považuje za nejlepší ukazatel obecné pohybové zdatnosti a aerobní vytrvalosti. Čím více kyslíku dokážeme při vysoké zátěži využít, tím více energie můžeme vytvořit.

Tento test je tedy zlatým standardem pro určení obecné pohybové zdatnosti a aerobní vytrvalosti, neboť svaly potřebují pro delší aerobní výkon kyslík a srdce musí zajistit prostřednictvím srdečního oběhu dostatečný objem krve, aby se pokryly potřeby pro aerobní výkon.

V zásadě tedy platí, že čím vyšší je vaše hodnota VO_2 max, tím máte vyšší potenciál při aerobním výkonu. Hodnotu VO_2 max lze zvýšit vhodně nastaveným tréninkem. A co je ještě důležitější – budete schopni zvýšit efektivitu při vyšších rychlostech a větší zátěži.

Jak se testuje hodnota VO_2 max?

Pokud dáme testované osobě masku na obličej, je možné přímo změřit objem a koncentrace plynů vdechovaného a vydechovaného vzduchu. Vědci se shodují, že měření dechu je nejpřesnějším způsobem, jak analýzu VO_2 provést.

Test se provádí při zátěži (běžně běh nebo jízda na kole) při intenzitě, která se vždy po několika minutách zvyšuje, až do vyčerpání, cílem je dosáhnout maximálního úsilí.

Během testu se zjišťuje i maximální tepová frekvence testované osoby, která se pak spolu s klidovou tepovou frekvencí může použít k přesnějšímu určení tepových pásem. Je to přesnější způsob než výpočty na základě věku.

Z tohoto postupu získáme informace o aktuální fyzické kondici testované osoby i o tom, jak fyzickou kondici co nejefektivněji zlepšit.

Až donedávna nebylo jednoduché hodnotu VO_2 max přesně změřit - bylo nutné měření v laboratoři pomocí nákladných přístrojů. To se nyní naštěstí změnilo s příchodem nového analyzátoru VO2 Master.

Intenzity zátěže

Než přejdeme k ventilačním prahům, musíme se zmínit o intenzitách zátěže. Ventilace a tepová frekvence jsou dobrými výchozími body pro stanovení intenzit zátěže jedinců a na rozdíl od síly nebo rychlosti nám tyto hodnoty ukazují, jak intenzivní je daná zátěž pro tělo. Čím jsou obě hodnoty vyšší, tím je tělo vystaveno většímu stresu.

Tréninkové zóny

VO_2 Master stanové na základě rychlosti dechu a tepové frekvence pět tréninkových zón podle úrovně invenzity.

• Zóna 1: Klidová

Zóna 1 je nejnižší úroveň intenzity kdy je daná osoba v klidu. Na této úrovni je tepová frekvence nízká a dech může být mírně nepravidelný z důvodu drobných pohybů, zívání a podobně.

• Zóna 2: Mírná

V této zóně se jedinec pohybuje například pří chůzi,

klusu nebo lehké jízdě na kole. Tepová frekvence se začíná zvyšovat a pravidelnost dechu se stabilizuje. Při zátěži na této úrovni mohou osoby bez problému mluvit.

• Zóna 3: Střední

V této zóně je zátěž vyšší, může se jednat o běh nebo jízdu na kole v relativně pohodovém tempu. Tepová frekvence se dále lineárně zvyšuje a dech je stále pravidelný; zvyšuje se však dechový objem (objem vdechovaného a vydechovaného vzduchu za jeden nádech).

• Zóna 4: Těžká

V této zóně se jedinec pohybuje v zátěži, kdy je ztížené dýchání a doba, po kterou může na této úrovni pokračovat, je omezená. Začíná se zvyšovat laktát a jedinec pomalu ztrácí kontrolu nad svým dechem, dech se nyní výrazně zrychluje – již se nejedná o pravidelný dech jako v zónách 2 a 3. Tepová frekvence nadále stoupá na úroveň odpovídající příslušné fyzické zátěži.

• Zóna 5: Maximální

Nejvyšší zóna, kde jedinec zcela ztrácí kontrolu nad svým dechem, rychlost dechu je na maximu. V této zóně je možné setrvat pouze krátkou dobu – maximálně 2 minuty. Tepová frekvence dosáhne svého maxima, jak se jedinec snaží v zátěži setrvat, a poté klesá.

Testování ventilačního prahu

Nyní, když jsme si stanovili pět tréninkových zón zátěže, se můžeme podívat na dva zajímavé body, na jejichž základě se tréninkové zóny jednotlivců stanoví – na ventilační prahy.

Testování ventilačního prahu vychází z fyziologické zásady ventilace. Při nižších intenzitách zátěže (zóna 2 a 3) se ventilace zvyšuje lineárně podle spotřeby kyslíku a vzniku oxidu uhličitého. Dochází k tomu zejména zvýšením dechového objemu.

Při vyšších intenzitách (zóna 4 a 5) je frekvence dechu výraznější a minutová ventilace (měřeno jako objem vdechnutého vzduchu za minutu) se zvyšuje neúměrně zvyšování spotřeby kyslíku. Znamená to, že v těchto zónách začíná jedinec dýchat rychleji a při každém nádechu spotřebuje méně kyslíku.

Se zvyšující se zátěží se ventilace zvyšuje relativně lineárně. Při určitých intenzitách jsou dva deflexní body zlomu, které jsou spojeny s metabolickými změnami v těle.

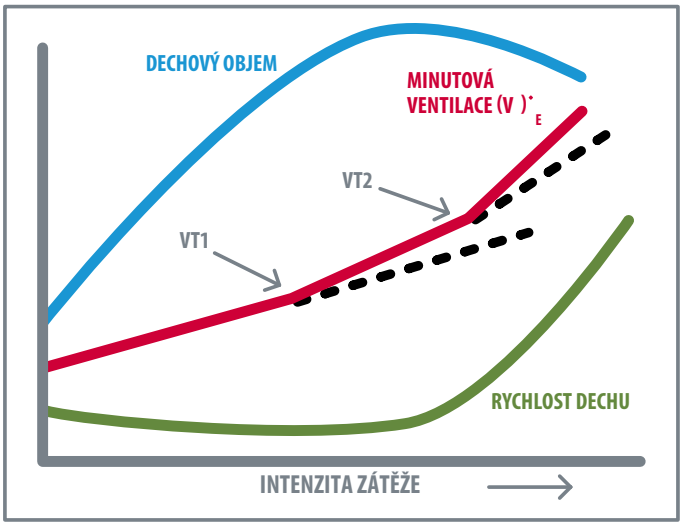
První bod – **ventilační práh 1** (Ventilatory Threshold 1, VT1) – se nazývá „přechodovým bodem" a nastává mezi zónou 3 a zónou 4.

V tomto bodě se laktát v krvi hromadí rychleji, než se s ním tělo dokáže vypořádat, a v důsledku toho se zrychluje dech, aby se tělo zbavilo přebytečného CO_2, který vzniká při vyrovnávání metabolitů kyseliny. Před dosažením této zátěže jsou hlavním zdrojem paliva tuky a vzniká pouze malé množství laktátu. Zvýšená potřeba kyslíku se zajišťuje zejména vyšším dechovým objemem, ne rychlejším dýcháním. Jinými slovy platí, že v tomto bodě je rychlost dechu daného jedince stabilní – pouze s každým nádech vdechují více kyslíku.

Po překročení tohoto přechodového bodu (VT1) se ventilace začíná zvyšovat exponenciálně, protože nárok na přísun kyslíku převyšuje dodávku kyslíku a v krvi se začíná hromadit laktát.

Následně se jedinec přiblíží ke druhému disproporčnímu zvýšení ventilace – ke druhému **ventilačnímu prahu** (VT2), který nastává mezi zónou 4 a zónou 5, kdy se laktát intenzivně zvyšuje a dochází k hyperventilaci. V tomto okamžiku již pouhé vydechování CO_2 nestačí k vyrovnání zvýšené kyselosti, která vzniká při dalším zvyšování zátěže.

FIGURE 1.0 *Ventilatory affects during aerobic exercise.*



VT1 = First ventilatory threshold
VT2 = Second ventilatory threshold

Vzdálenost mezi VT1 a VT2

Čím déle může jedinec setrvat v rozmezí mezi VT1 a VT2, tím má více energie a aerobního potenciálu.

Dobrou zprávou je, že rozmezí mezi VT12 a VT2 je možné prodloužit tak, aby se jedinec mohl pohybovat ve vyšší zátěži před dosažením druhého ventilačního prahu delší dobu. Tuto schopnost lze vybudovat správným poměrem tréninku v nízké a vysoké zátěži. *Jak ale určíme, jaký je pro daného jedince optimální poměr?*

Proč je důležité metabolické testování

Jak jsme již uvedli výše, hodnoty VO_2 max, VT1 a VT2 jsou fyziologické a jsou součástí metabolických testů, které je možné provádět pomocí analyzátoru VO_2 Master.

Pokud se budeme těmito hodnotami řídit, získáme možnost, jak optimalizovat koncepci, intenzitu a efektivitu tréninků.

Bez těchto informací dochází často k tomu, že sportovci stráví příliš dlouhou dobu tréninkem ve vysokých intenzitách, což vede k omezenému zdokonalování aerobních schopností a zároveň se zvyšuje riziko zranění.

Pomocí přesné analýzy VO_2 však mohou hráči i jejich trenéři vytvářet **strategické tréninkové plány**, které povedou k optimální aerobní zdatnosti. V těchto tréninkových plánech bude pro každého jedince stanoven optimální typ tréninku a intenzity, které jsou zapotřebí k dosažení požadovaných výsledků. Sportovci tak budou přesně vědět, v jaké tréninkové zóně se mají v daném čase pohybovat.

Stává se, že jakmile sportovci zjistí, jak by měl ideálně jejich trénink vypadat, bývají často nejprve překvapeni, o kolik musí běhat nebo jezdit na kole pomaleji, aby se pohybovali v patřičné tréninkové zóně.

S použitím inteligentních tréninkových postupů na sebe výraznější nárůst VO_2 nenechá dlouho čekat: více energie do závodů a rychlejší a efektivnější regenerace, což se projeví celkovou vyšší výkonností.

Například olympionik, který ví, jak trénovat efektivněji, bude mít oproti svým soupeřům **výraznou výhodu, jakmile přijde klíčový závod.**

Proč tělo potřebuje kyslík?

Zaměřme se nyní na to, jak tělo využívá kyslík.

Pomůže nám to lépe pochopit, jakým způsobem lze využívat metabolické testování k tomu, abychom tréninky směřovali k efektivnějšímu využití kyslíku a zlepšovali tak svou fyzickou výkonnost.

Svaly potřebují kyslík, aby mohly fungovat

Všechny buňky, včetně buněk ve svalech, potřebují k tomu, aby mohly fungovat, kyslík. Energie uvnitř buněk je ve formě **adenosintrifosfátu (ATP)**, což je molekula, která přenáší energii uvnitř buňky. Většina ATP se vytváří rozštěpením metabolických substrátů (potravy) **za pomocí kyslíku**, a vzniká CO_2 a voda. Kyslík je tudíž velmi důležitý a během výkonu se energetické potřeby zvyšují – proto potřebujete více kyslíku.

Kyslík se nejprve vstřebá krví, jak putuje do plic, a váže na sebe speciální bílkovinu **hemoglobin**, který je obsažený v červených krvinkách. Jakmile se kyslík naváže na hemoglobin, srdce jej napumpuje prostřednictvím oběhové soustavy do celého těla. Kyslík se ukládá do buněk, kde se používá při štěpení molekul k vytvoření potřebné energie.

Svaly potřebují při zátěži energii, která roste se zvyšující se zátěží, čímž se neustále zvyšuje potřeba dalšího kyslíku.

Při fyzické aktivitě dýcháme více, abychom vydechli větší množství oxidu uhličitého (CO_2), který při zátěži vzniká ve svalech. Se zvyšujícím se množstvím oxidu uhličitého vznikají vodíkové ionty, čímž se snižuje pH systému, které se reguluje pomocí chemoreceptorů v mozku a krkavici.

V **grafu 2.0** je znázorněno využití kyslíku u jedince od klidového stavu se zvyšováním zátěže do 75% maxima a návrat do klidového stavu.

Vidíme, že VO_2 (využití kyslíku) se s rostoucí zátěží zvyšuje a po skončení zátěže klesá.

Kyslíkový deficit se definuje jako rozdíl mezi kyslíkem, který tělo přijímá v prvotní fázi fyzické aktivity, a během podobně dlouhé doby při stabilní zátěži.

EPOC (z anglického Excess Post-Exercise Oxygen Consumption) je potréninková spotřeba kyslíku (známé též pod pojmem **kyslíkový dluh**) a jedná se o množství kyslíku, které je zapotřebí, aby se tělo vrátilo na běžnou klidovou úroveň fungování metabolismu.

Pro pochopení tohoto principu si představte, jak oddychujete ještě nějakou dobu po odběhnutí rychlého úseku.

Musíme však poznamenat, že takové oddychování, které tělo potřebuje ve fázi EPOC, **nedodává tělu více kyslíku**, ale odstraňuje z těla nahromaděný kysličník uhličitý, aby se zachovalo zdravé pH v těle.

Anaerobní metabolismus

Svaly mohou vyrábět energii bez kyslíku při takzvaném anaerobním metabolismu. Jediným palivem, které se může použít anaerobně, jsou karbohydráty, jež se prostřednictvím glykolýzy přeměňují na látku zvanou pyruvát a následně prostřednictvím anaerobního metabolismu na **krevní laktát**.

Lidé se obvykle mylně domnívají, že krevní laktát má přímý negativní vliv na funkci svalů. Laktát v podstatě vyrovnává vodíkové ionty, které vznikají během glykolýzy. Zvyšující se hladina laktátu nemá souvislost s poklesem hodnoty pH, a laktát tudíž nepřispívá ke snížení výkonnosti svalů. Laktát je navíc možným palivem pro další výrobu energie a představuje nutný krok při doplňování zásob glykogenu do jater po výkonu.

Ještě jedna poznámka k anaerobnímu metabolismu: tato forma metabolismu sice naskakuje při vyšší zátěži, kdy tělo vytváří energii bez přístupu kyslíku (namísto toho spaluje karbohydráty), avšak i v tuto chvíli v těle probíhá řada procesů, při nichž tělo potřebuje a využívá kyslík. Jinými slovy tedy bez ohledu na zdroj paliva **potřebuje tělo i při vyšší zátěži ještě více kyslíku**, limitem je hodnota VO_2 max.

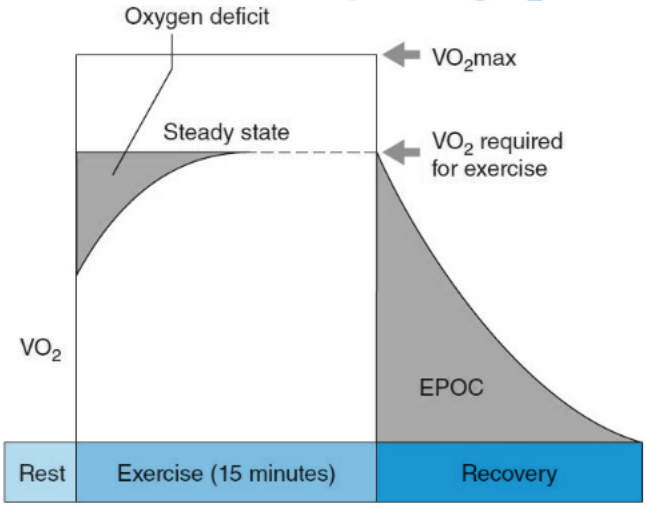


FIGURE 2.0 *Low-intensity, steady-state exercise metabolism: 75% of maximal oxygen uptake VO_2*

Základní princip

Jednoznačně platí, že zdroj paliva představuje významný faktor pro množství kyslíku, které tělo využije. Při vyšší intenzitě výkonu svaly spalují zejména sacharidy (karbohydráty) a při nižších intenzitách spalují více tuku. Při spalování tuku se využívá více kyslíku než při spalování sacharidů, ale více energie máme uloženo ve formě tuků, proto můžeme být v nižší zátěži déle, aniž by nám došla energie.

Kyslík a VO_2

Z předchozího článku si budete pamatovat, že VO_2 je zkratka pro spotřebu kyslíku – jedná se o hodnotu objemu kyslíku, které tělo potřebuje k přeměně energie z přijaté potravy na ATP, kterou pak tělo využívá na úrovni buněk.

Hodnota VO_2 max je vaše maximální spotřeba kyslíku, tedy jednoduše maximální možné VO_2, kterého může daný jedinec dosáhnout.

Jak zlepšit hodnotu VO_2 max

Na úvod tohoto oddílu musíme uvést, že vysoká hodnota VO_2 max je jedním z řady faktorů, kterými lze zvýšit výkon jedince; sama o sobě – a v závislosti na konkrétním jedinci – nemusí být tím nejdůležitějším měřítkem, kterým je třeba se řídit. Ke stanovení tréninkového plánu každého jedince je vždy zapotřebí komplexní analýza metabolismu s určením řady parametrů.

I tak je to důležité

S ohledem na to, co jsme uvedli výše, bychom ale měli zmínit, že obecně platí, že vyšší hodnota VO_2 max – tedy schopnost využít větší množství kyslíku – má zcela jistě souvislost s lepší výkonností u sportovců v různých odvětvích. A určitě se vyplatí pochopit, jak lze hodnotu VO_2 max zvýšit.

Vyšší hodnotu VO_2 ovlivňují především dva faktory: množství kyslíku, které lze přepravit, a fyziologie svalstva.

K optimálnímu přenosu kyslíku přispívá silné srdce, které napumpuje krev do těla, krev bohatá na hemoglobin, vysoký objem krve a vysoká kapilární hustota ve svalech. Lepší přeprava kyslíku má za následek vyšší hodnotu VO_2 max.

Fyziologií svalstva se rozumí, kolik máte svalových vláken, jak jsou velká, kolik obsahují mitochondrií a do jaké míry je dokážete během zátěže aktivovat. Aerobnější svaly, které spotřebovávají více kyslíku, znamenají vyšší hodnotu VO_2 max.

Je možné vytvořit tréninkové programy zaměřené na zlepšení VO_2 max, zvýšení kondice svalů a zlepšení způsobu, jakým tělo využívá kyslík. Tyto programy jsou navrhovány dle individuálních potřeb každého sportovce podle jejich metabolických hodnot, jako je aktuální VO_2 max a prahy VT1 a VT2. Schopnost těla zvýšit VO_2 max ovlivňují další faktory, jako je genetika a věk – ale správně nastaveným tréninkem lze dosáhnout viditelného zlepšení.

Měření maximální spotřeby kyslíku

Pojďme se podívat na to, jak lze přesně změřit spotřebu kyslíku, a na to, jak a s jakými výsledky fungují různé druhy testování.

Maximální spotřeba kyslíku (VO_2 max) popisuje schopnost těla přijímat a využívat kyslík během intenzivní či maximální fyzické zátěže. Obvykle se určí jako celková maximální kapacita plicní, kardiovaskulární a svalové soustavy přijímat, přepravovat a využívat kyslík.

Hodnota VO_2 max se dříve měřila formou zátěžového testu se zvyšující se zátěží na běhátku nebo cyklistickém trenažeru, dnes ji lze změřit v jakýchkoli tréninkových podmínkách pomocí analyzátoru VO_2 Master. Testování VO_2 max se stalo základním měřítkem klinické i aplikované fyziologie zaměřené na výkonnost.

Co je třeba vzít v úvahu při měření VO_2 max

V různých sportovních odvětvích se VO_2 max měří pomocí různých protokolů a různými způsoby. Před provedením testu je třeba zvážit řadu otázek.

1. Výběr protokolu

Výběr protokolu měření závisí na řadě faktorů, jako je výkonnostní úroveň testovaného jedince, sport, kterému se věnuje, a přístup k příslušnému vybavení. Byly vytvořeny nové postupy k testování VO_2 max pro děti, dospělé různé fyzické kondice, obézní jedince i osoby s různými zdravotními problémy.

Je důležité pochopit vztah mezi situací daného jedince a neměřenou hodnotou VO_2 max. Vezměme si jako příklad tři sportovce: běžce, cyklistu a kajakáře, přičemž všichni tři jsou ve své disciplíně na světové špičce.

Pokud všichni tři sportovci absolvují zátěžový test se zvyšující se zátěží až do vyčerpání ve všech třech disciplínách, zjistíme zajímavé výsledky. Kajakář bude mít velmi nízké VO_2 max při běhu i jízdě na kole proto, že při tréninku nikdy nepoužívá nohy, při testu na kajaku ale bude mít hodnotu VO_2 max na úrovni světové špičky. Obdobně dosáhne běžec vysokých hodnot v testech při běhu a na kole a nízkého VO_2 max při testu na kajaku. Tyto výsledky byly ověřeny nezávislými studiemi a bylo zjištěno, že při měření hodnoty VO_2 max je výběr sportovní disciplíny zásadním faktorem.

U analyzátoru VO_2 Master je velkou výhodou, že umožňuje měřit hodnotu VO_2 max v jakémkoli sportu, a testovaný jedinec tudíž nemusí podstoupit test pouze na běhátku nebo cyklistickém trenažeru.

Testy se zvyšováním zátěže (Graded Exercise Testing, GTX) jsou nejvíce používanou metodou hodnocení dynamického vztahu mezi fyzickou zátěží a propojenými fyziologickými systémy. Protokoly testů GTX, které se používají při testování VO_2 max, jsou testy při maximální zátěži, kdy sportovci pracují až do vyčerpání při zvyšující se rychlosti, síle či sklonu.

Mezi dva nejběžněji používané protokoly patří **Bruceův protokol a Astrandův protokol.** Oba se běžně používají v klinickém prostředí, byly validovány a lze je různým způsobem použít u osob, které jsou schopné zvládnout testování na běhátku.

Rozdíly mezi těmito dvěma testy se týkají rychlosti a sklonu, jak je znázorněno v tabulce 1.0

TABULKA 1.0

Bruceův protokop n běhátku Trvání jednotlivých úseků je 3 minuty.			Astrandův protokol na běhátku Trvání jednotlivých úseků je 2 minuty.		
Úsek	Rychlost (mph)	Stupeň (%)	Úsek	Rychlost (mph)	Stupeň (%)
1	1.7	10	1	5	0
2	2.5	12	2	5	2.5
3	3.4	14	3	5	5
4	4.2	16	4	5	7.5
5	5.0	18	5	5	10
6	5.5	20	6	5	12.5
7	6.0	22	7	5	15
			8	5	17.5

Protokolů se zvyšující se zátěží existuje celá řada a jejich výběr závisí na testovaném sportovci. Například optimální test pro 25letého olympijského běžce bude vyžadovat jiné nastavení než pro 60letého jedince se sedavým stylem života.

2. Délka testu

Dalším faktorem, který je třeba zvážit, je doba trvání testu: pokud bude nastavení testu pro testovaného jedince příliš obtížné, případně příliš lehké, nezískáme požadované výstupy.

Pokud například test začíná na maximální rychlosti daného jedince, případně za její hranicí, jedinec test nezvládne absolvovat a hodnoty VO_2 max nedosáhne; naopak pokud bude test příliš lehký, může se stát, že se testovaný jedinec unaví z důvodu doby trvání testu a skutečné hodnoty VO_2 max nedosáhne.

Obecně řečeno by protokol testování VO_2 max měl být v rozmezí 8–12 minut; nyní se však objevilo několik nových protokolů, které tuto dlouhou dobu uznávanou teorii zpochybňují.

Poznámka: Vzhledem k tomu, že protokoly GXT testují maximální výkon, musí jim předcházet lékařská prohlídka a musí být prováděny pod dohledem odborníka. U netrénovaného jedince či sportovce se skrytou srdeční vadou může maximální fyzická zátěž způsobit zranění nebo srdeční příhodu.

3. Další úvahy o možnostech testování výkonnosti

Informace získané ze zátěžových GXT testů je možné využít v různých oblastech sportovních výkonů, pro kontrolu bezpečnosti při práci, k výzkumným účelům a klinické diagnostice. Vhodnost GXT testů ke stanovení skutečné hodnoty maximálního využití kyslíku (VO_2 max) se zkoumá již několik desetiletí. K ověření dosažení hodnoty VO_2 max sice existuje řada doporučených kritérií, avšak metody, kterými byla tato kritéria původně stanovena, se zkoumají (M. Beltz et al; 2016). V řadě studií se nepoužívají stejná kritéria, případně se nezohledňují individuální odchylky každého jedince, co se týče fyziologické reakce.

Alternativou k tradičním kritériím je podle nedávných výzkumů protokol ověření supramaxima, který se provádí po testu GXT k ověření, že bylo hodnoty VO_2 max dosaženo. Ke stanovení a provádění testů GXT se navíc nyní nově mohou používat protokoly s vlastním tempem, které jsou jednoduché, ale spolehlivé. Nyní se dále zkoumají možnosti používání protokolů s vlastním tempem ve spojení s ověřovacími protokoly ke zjištění a dosažení VO_2 max. Doporučujeme, aby se při testování jedinců zohlednily výše uvedené informace, které vás nasměrují k nejvhodnější variantě testu pro vaše zákazníky.

Stanovení VO_2 max

Optimální první kontrolou testu VO_2 max je vždy vizuální kontrola, jak tělo reaguje na zvyšující se intenzitu/zátěž. Měli byste zkontrolovat, zda se během testu zvyšuje tepová frekvence a spotřeba kyslíku. Po skončení testu je možné, že se tepová frekvence i VO2 max začnou stabilizovat. Při použití analyzátoru VO_2 Master bude hodnota VO_2 max testovaného jedince určena a zobrazena v aplikaci VO_2 Master Manager, není tudíž zapotřebí další manuální stanovení. Tento prvek lze nastavit podle konkrétního protokolu přímo v aplikaci.

Jak trénovat podle hodnot získaných v metabolickém testu

Jak jsme uvedli výše, z metabolického testu získáte celou řadu údajů, jako je VO_2 max, frekvence dechu a dechový objem. Zaměřujeme se na změny naměřených hodnot (oproti předchozím testům), abychom určili, zda má trénink pozitivní vliv na výsledky.

Připomínáme, že vaše hodnota VO_2 max (měřená v ml/kg/min) uvádí maximální množství kyslíku, které můžete během fyzické aktivity využít, ale pro všechny účely a záměry se jedná o ukazatel toho, jaká je vaše aktuální fyzická kondice.

Vaše hodnota VO_2 max ukazuje, jaký máte potenciál ve vytrvalostním výkonu, a můžeme pomocí ní sledovat z dlouhodobějšího hlediska váš trénink. Doporučujeme provést metabolický test před zahájením tréninkového období a následně testovat pravidelně, abychom si ověřili, zda má trénink očekávaný pozitivní dopad.

Jaká hodnota VO_2 max se považuje za dobrou? Jednoduše řečeno, liší se to u každého jedince a podle sportovní disciplíny. Například sprinteři budou mít nižší hodnotu VO_2 max než vytrvalostní běžci, což však neznamená, že jsou horšími sportovci. Zde uvádíme pro orientaci běžné hodnoty VO_2 max pro muže a ženy podle věku, vycházíme z údajů získaných posupně od tisíců sportovců.

TABULKA 2.0
Typické hodnoty VO_2 Max

Ženy (hodnoty v ml/kg/min)						
Věk	**Velmi nízké**	**Nízké**	**Průměrné**	**Dobré**	**Vynikající**	**Nadprůměrné**
13-19	<25.0	25.0-30.9	31.0-34.9	35.0-38.9	39.0-41.9	>41.9
20-29	<23.6	23.6-28.9	29.0-32.9	33.0-36.9	37.0-41.0	>41.0
30-39	<22.8	22.8-26.9	27.0-31.4	31.5-35.6	35.7-40.0	>40.0
40-49	<21.0	21.0-24.4	24.5-28.9	29.0-32.8	32.9-36.9	>36.9
50-59	<20.2	20.2-22.7	22.8-26.9	27.0-31.4	31.5-35.7	>35.7
60+	<17.5	17.5-20.1	20.2-24.4	24.5-30.2	30.3-31.4	>31.4
Muži (hodnoty v ml/kg/min)						
Věk	**Velmi nízké**	**Nízké**	**Průměrné**	**Dobré**	**Vynikající**	**Nadprůměrné**
13-19	<35.0	35.0-38.3	38.4-45.1	45.2-50.9	51.0-55.9	>55.9
20-29	<33.0	33.0-36.4	36.5-42.4	42.5-46.4	46.5-52.4	>52.4
30-39	<31.5	31.5-35.4	35.5-40.9	41.0-44.9	45.0-49.4	>49.4
40-49	<30.2	30.2-33.5	33.6-38.9	39.0-43.7	43.8-48.0	>48.0
50-59	<26.1	26.1-30.9	31.0-35.7	35.8-40.9	41.0-45.3	>45.3
60+	<20.5	20.5-26.0	26.1-32.2	32.3-36.4	35.5-44.2	>44.2

Tabulka přejatá z: The Physical Fitness Specialist Certification Manual, The Cooper Institute for Aerobics Research, Dallas, TX (1998)

Proč mají ženy jiné hodnoty VO_2 max

Ženy mívají nižší hodnotu VO_2 max, což je způsobeno jejich výškou, svalovou hmotou, kapacitou přenosu kyslíku a nižším celkovým objemem krve.

Informovanost má zásadní význam

S pomocí hodnoty VO_2 max a dalších hodnot získaných při metabolických testech, jako jsou ventilační prahy, si můžete vytvořit tréninkový plán na míru s jakýmkoli cílem – zlepšení cyklistické vytrvalosti, redukce tukových zásob, ale především můžete dosáhnout své maximální fyzické kondice.

Plánování tréninku na základě údajů z metabolického testování vám pomůže zajistit, aby byl trénink efektivní. Pravidelným testováním si pak budete kontrolovat, zda se trénink, ať už máte jakýkoli tréninkový plán, ubírá správným směrem. Pokud trénink funguje, je to skvělé – měli byste v něm pokračovat. Pokud trénink nemá kýžený efekt, zvažte úpravu plánu a zkuste jiný přístup.

Doporučujeme postupovat podle tréninkového plánu několik týdnů, teprve poté test opakovat a na základě nově získaných údajů se rozhodnout o dalším postupu.

Jak navrhnout tréninkový plán na základě údajů z metabolického testování

Pokud vlastníte **analyzátor VO_2 Master** nebo k němu máte přístup, můžete s jeho pomocí získat hodnotu VO_2 max a další metabolické údaje, kdykoli potřebujete. V opačném případě si musíte sjednat schůzku s někým, kdo metabolické testy provádí, buď s trenérem, fyzioterapeutem nebo s kamarádem. Metabolické testování je v poslední době mnohem lépe dostupné právě díky cenové dostupnosti a oblíbenosti analyzátoru VO_2 Master.

Další velkou výhodou analyzátoru VO_2 Master je jeho přenositelnost, která vám umožní provádět test při jakémkoli sportu. Hokejisté mohou použít bruslařský trenažér, cyklisté mohou test provést venku na kole, běžkaři zase na kolečkových lyžích.

Bez údajů z testů v podstatě trénujete naslepo a jen zkoušíte, jaký typ tréninku na vás funguje.

Po provedení metabolického testu pomocí analyzátoru VO_2 Master se zaměřte na to, kde jsou vaše slabiny. Může to být dýchání (dechový objem). IPokud v takovém případě není daný jedinec schopný se dostatečně

nadechnout, musí dýchat rychleji, aby zamezil hromadění CO_2. Rychlejší dýchání je neefektivní a ubírá vám energii, kterou byste mohli využít na zvýšení rychlosti běhu.

Nebo zjistíte, že limitem je vaše VO_2 max, v takovém případě je potřeba zjistit, která část podílející se na VO_2 max problém způsobuje. Výsledné VO_2 max je ovlivněno řadou faktorů, jako je velikost srdce, jak rychle dokáže srdce bít, jaká já kapacita přenosu kyslíku v krvi, jak jsou svaly schopné využívat kyslík. Ze samotné hodnoty VO_2 max zjistíte, jaká je vaše fyzická kondice; stanovení přesného faktoru je však složité a budeme se tomu věnovat v dalším díle pro pokročilé.

Pokud na základě metabolického testu zjistíte, že máte limity v aerobní kondici, měli byste se zaměřit na trénink v nízké a stabilní intenzitě. Ke zlepšení kondice doporučujeme setrvat v takové tepové frekvenci pod dobu 60 minut, 4 – 6x týdně, a tak často, jak jste schopni zařadit do plánu a zvládnete z tréninku zregenerovat.

Po 6–8 týdnech při opětovném testování zjistíte, v čem jste se zlepšili. Pokud vidíte zlepšení, doporučujeme tréninkový plán neměnit. Naopak pokud žádné pozitivní změny nezaznamenáte, je třeba zvážit úpravu tréninkového plánu.

Opakované provádění metabolických testů v pravidelných intervalech je velmi důležité ke zhodnocení pokroku. Je třeba si uvědomit, že faktory, které ovlivňují a limitují fyzickou kondici, jsou extrémně individuální. Proto také není řešením používat univerzální plány nebo přístupy pro celou skupinu sportovců. Například dva jedinci se stejnou hodnotou VO_2 max mohou mít různá omezení, jeden z nich třeba omezení spojené s dechem (např. astma způsobené zátěží) a druhý může mít omezení týkající se dodávání kyslík (např. nízkou hladinu železa, která způsobí nízkou hladinu hemoglobinu a následně nízkou kapacitu přenosu kyslíku). Proto by tito dva jedinci měli mít řádně uzpůsobené tréninkové plány tak, aby se jejich omezení efektivně řešila (tomuto tématu se budeme věnovat později v článku pro pokročilé).

S ohledem na výše uvedené zde zveřejňujeme tréninkový plán, který by měl pomoci zlepšit hodnotu VO_2 max.

Tréninkový plán ke zvýšení hodnoty VO_2 max

Níže uvedený tréninkový plán není příliš jednoduchý. Po šesti týdnech by se u většiny jedinců mělo zvýšit VO2 max o 10 %.

Upozorňujeme, že po absolvování 6 týdnů tohoto plánu se doporučuje provést opětovné testování, a to kdykoli při jakémkoli zaznamenání změny, a je možné, že bude potřeba změnit intenzitu tréninku. Pokud je intenzita zátěže příliš vysoká, případně pokud jsou intervaly příliš dlouhé, hrozí riziko vyhoření a snížení výkonnosti. Z toho důvodu je velmi důležité provádět opakovaná testování.

Pokyny: Zařaďte vytrvalostní aktivitu v délce 60 a více minut 3 až 4x týdně. Poté zařaďte níže uvedený trénink **jednou týdně** po dobu 6 týdnů a provádějte každý týden testování, pokud je to možné, případně po ukončení tohoto 6týdenního cyklu, a zjistěte, jaké se u vás objevily změny.

Trénink č. 1 *Celková doba 45 minut*

Můžete provádět na kole, na běhátku, na dráze či na jiném vhodném přístroji.

• Absolvujte 3 kola po 30 sekundách v maximální intenzitě a poté vždy 2,5 min. odpočinek.

• To je jedna série.

• Po každé sérii je odpočinek 6 minut.

• Sérii opakujte 3krát.

• Zařaďte jednou týdně po dobu 6 týdnů.

Pokud vidíte, že je pro vás takový trénink přínosný, ale s postupem času příliš jednoduchý, můžete si ho ztížit tak, že zvýšíte počet opakování/sérií..

Pokud po 6 týdnech zaznamenáte pozitivní změny, pokračujte s tímto tréninkem, protože na vás funguje. Pokud vaše výkonnost stagnuje nebo pokud jste nezaznamenali žádnou změnu, zkuste

některou z uvedených alternativ.

Alternativa - trénink č. 2

Můžete provádět na kole, na běhátku, na dráze či na jiném vhodném přístroji.

• Absolvujte 3 kola po 90 sekundách v maximální intenzitě a poté vždy 2 min odpočinek.

• To je jedna série.

• První dva týdny zařaďte vždy jednu sérii.

• Od 3. do 6. týdne provádějte 2 série s 6 min odpočinkem mezi sériemi.

Alternativa - trénink č. 3

Můžete provádět na kole, na běhátku, na dráze či na jiném vhodném přístroji.

• Absolvujte 6 kol po 10 sekundách v maximální intenzitě a poté vždy 3 min odpočinek.

• To je jedna série.

• První dva týdny zařaďte vždy jednu sérii.

• Od 3. do 6. týdne provádějte 2 série s 8 min odpočinkem mezi sériemi.

Hodnota VO_2 max je jedním z měřítek, kterým se udává potenciál fyzické výkonnosti, ne samotná fyzická výkonnost. To znamená, že znalost hodnoty VO_2 max a dalších metabolických údajů je užitečným startovacím bodem k vytvoření tréninkového plánu. S postupem času by se měly hodnoty VO_2 max a ventilačních prahů změnit či byste si měli posunout osobní rekordy na daných vzdálenostech. Hodnota VO_2 max je užitečným měřítkem, ale je to jen jedno číslo vedle celé řady dalších hodnot, které můžete pomocí analyzátoru VO_2 Master získat.

Faktory výkonnosti u kolektivních sportů

Nakonec se podíváme na to, jakým způsobem se zjišťují a hodnotí metabolické faktory, které mají dopad na výkonnost v kolektivních sportech.

Schopnosti sportovců

Fyzické schopnosti sportovců představují bez diskuze významný faktor úspěchu v každém kolektivním sportu. Je zde zahrnuto velké množství různých fyziologických parametrů, přičemž zásadní roli hraje aerobní kapacita.
Maximální využití kyslíku (VO_2 max) považuje většina vědců za nejlepší ukazatel aerobní kapacity. Tato hodnota sama o sobě značí, jaké jsou schopnosti kardiovaskulární a dýchací soustavy a jaká je kapacita vláken využívat kyslík.

Metabolické testovái pro týmy

Měření fyzické zdatnosti členů sportovních týmů je jedním z nejvýznamnějších úkolů při hodnocení aktuální výkonnosti celého týmu. Pravidelné provádění hodnocení nám umožní efektivně řídit celý tréninkový program. Pomocí přenosného analyzátoru VO_2 Master je nyní možné přímo měřit maximální využití kyslíku při jakékoli disciplíně. S pomocí tohoto přístroje již není potřeba testovat každého v laboratoři s využitím drahého vybavení.

Studie pro určení metabolických proměnných: sportovci v kolektivních sportech

Ve studii č. 1 z roku 2010 poukázali vědci na fyziologické rozdíly mez dvěma kolektivními sporty a příslušné kapacity porovnávali s nesportujícími jedinci.

Materiál a metodika

V rámci studie se určovala absolutní a relativní hodnota VO_2 max u celkem 66 testovaných jedinců mužského pohlaví. Studie byla provedena na University of Pristina v kosovském městě Leposavić. Testovaní jedinci byli rozděleni do dvou skupin , které tvořili aktivní sportovci z různých disciplín, třetí skupina byla kontrolní.

- Poloprofesionální fotbalisti (n=22)
- Poloprofesionální volejbalisti (n=18)
- Nesportovci (n=26)

Hodnota VO_2 max byla u všech účastníků zjištěna pomocí 6minutového Astrandova protokolu na kole. Absolutní hodnoty byly vyjádřeny v ml/min a dále ve vztahu k tělesné hmotnosti v ml/kg/min.

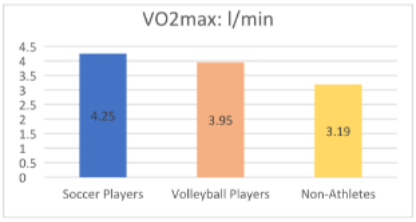
Výsledky

TV tabulce 2.1 a v grafu 3.0 jsou znázorněny maximální hodnoty VO_2 max. Vyšší hodnoty VO_2 max zaznamenané u fotbalistů byly statisticky významné. Dále byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi sportovci a nesportující kontrolní skupinou.

TABULKA 2.1
Průměrné hodnoty VO_2 Max (v litrech/minutu)

Testovaná skupina	VO_2 Max (l/min)	Statistický významný rozdíl
Fotbalisti	4.25	0.27
Volejbalisti	3.95	0.18
Nesportovci	3.19	0.21

Graf 3.0
Průměrné hodnoty VO_2 Max (v litrech/minutu)

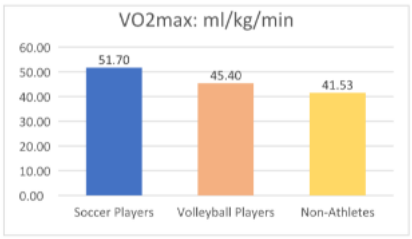


Jak je uvedeno v tabulce 2.2 a v grafu 3.1, podobný poměr maximálních hodnot VO_2 max byl zaznamenán i po analýze hodnot v relativních jednotkách. Nejlepších výsledků dosáhli fotbalisti, kde byl zjištěn statisticky významný rozdíl v porovnání se skupinou volejbalistů. Tento rozdíl zdůrazňuje význam aerobní kapacity u elitních fotbalistů.

TABULKA 2.2
Průměrné hodnoty VO_2 Max (v litrech/minutu)

Testovaná skupina	VO_2 Max (ml/kg/min)	Statistický významný rozdíl
Soccer Players	4.25	0.27
Volleyball Players	3.95	0.18
Non-Athletes	3.19	0.21

GRAF 3.1
Průměrné hodnoty VO_2 Max (ml/kg/min)



Diskuze

Aktuální úroveň konkurence v kolektivních sportech na elitní úrovni vyžaduje, aby měli všichni sportovci vynikající aerobní kapacitu.

Aerobní kapacita je zásadním ukazatelem funkčních schopností fyzických soustav daného sportovce při dodávání, přepravě a energizaci práce s kyslíkem. Nefunkčnost jakékoli součásti fyziologického řetězce může vést ke snížení fyzické zdatnosti daného sportovce.

Nedostatečná aerobní kapacita brání setrvání na vysoké úrovni aerobní aktivity. Taková únava bude mít negativní dopad na sportovní výkonnost, zejména ke konci zápasu. Vysoká úroveň aerobní kapacity je pro úspěch v kolektivních sportech nezbytná. Z toho důvodu je stanovení hodnoty VO_2 max velmi důležité.

V případě elitního fotbalisty je nutné zajistit dlouhodobý výkon jak na aerobní, tak na anaerobní úrovni. Hráči tudíž musí být schopni udržet výkon po dobu 90 minut zápasu.

Je na místě uvést, že se vyskytují statisticky významné rozdíly mezi volejbalisty a fotbalisty, což ukazuje na skutečnost, že trénink spojený s konkrétním sportem vede u sportovců k fyziologickým změnám.

Z údajů týkajících se fyziologického profilu poloprofesionálních fotbalistů je patrné, že průměrná vzdálenost naběhaná během zápasu se pohybuje mezi 8 a 12 km, přičemž poměr aerobní a anaerobní aktivity je 90 % ku 10 %. V jiné studii č. 2, kterou prováděli Diaz et al a která se zabývala měřením maximálního využití kyslíku u profesionálních mexických fotbalistů, byla zjištěna hodnota 53,8 ml/kg/min.

Studie č. 3 prováděná Wilmorem et al zkoumala dva týmy norské profesionální ligy a zjištěná hodnota byla 60 ml/kg/min. Cajasus ve své studii č. 4 zjistil u fotbalistů první španělské ligy hodnotu VO_2 max 66,4 ml/kg/min.
Důležitým poznatkem z těchto zjištění je, že čím vyšší ligu zkoumaní hráči hráli (od mexické ligy přes norskou ligu až ke španělské lize), tím byly u hráčů zjištěny vyšší hodnoty VO_2 max.

Toto tvrzení potvrzuje další studie, která také zjistila, že fotbalisti první ligy z unie Srbska a Černé Hory dosahovali vyšších hodnot VO_2 max (53,8 oproti 44,8 ml/kg/min) v porovnání s amatérskými fotbalisty.

Závěr

Zkoumání maximálního využití kyslíku nám přináší důležité informace o zdravotním stavu sportovců kolektivních sportů. Lze to dále využít pro doporučení týkající se tréninku a ke sledování reakce daného sportovce na tréninkový plán. Z těchto důvodů je zvýšení hodnot VO_2 max coby ukazatele fyzické zdatnosti u sportovců věnujících se kolektivním sportům nezbytné k dosažení maximálních sportovních výsledků.

DOTAZY? BLIŽŠÍ INFORMACE JSOU K DISPOZICI U VO_2 MASTER.

VO2 Master Health Sensors Inc.
2906 33 St., Vernon, BC V1T 2C8
Kanada

www.vo2master.com

Tel: +1 (778) 475-5755

E-mail: info@vo2master.com